Vol.13, No.3, Autumn 2024, pp.101-128 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2022.78374.1272 Open access

Investigating the lateral erosion of Darehroud river and its classification using Rasgen model (Case study: Horand city - East Azerbaijan)

Mousa Abedeni[a*], Payam Fateh Elahi[b], Behrouz Nezafat taklhe[b]

[a]*Professor of in Geomorphology, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.*
[b]*Ph.D. student in Geomorphology, Department of physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.*

Received: 22 August 2022 ***Revised: 4 October 2022*** ***Accepted: 15 October 2022***

Abstract

Riverbank erosion is a hydraulic process in which the tensile force of flowing water causes the separation of soil particles from the bank. River channel changes, bank erosion, and bank sedimentation are natural processes in alluvial rivers that can lead to the destruction of surrounding agricultural lands and damage to human infrastructure near the river.
In this research, the Rasgen model (Levels 1, 2, and 3) was used to evaluate the condition of the Darehroud River and measure the extent of bank erosion. Level 1 was utilized to determine the channel type after calculating the river slope in the study area. Based on the slopes obtained from different sections, field observations of the river's cross-sections, and its planform during field studies, and considering the river classification system based on slope in Level 1 of Rasgen, the examined sections were categorized into Groups B and A.
For this study, six sections from Gavlan village to Laqan village, spanning a length of 5 kilometers, were selected. After determining the river classification in Levels 1 and 2, the conditions of the Darehroud River were evaluated using Level 3 of the Rasgen system. The results indicate that sections 2, 5, and 6 (Group 4B) with total scores of 91, 85, and 111, respectively, and section 4A with a score of 87 are in a weak and unstable condition. In contrast, sections 1 and 3 (Type 4A) with scores of 91 and 87, respectively, are in a good and stable condition.
Overall, the classification of the Darehroud River based on the Rasgen model (Levels 1, 2, and 3) provides a logical assessment that delivers more detailed and accurate information for river management applications.

Keywords: Riverbank Erosion, Alluvial Rivers, Rasgen Model, ,River Stability Assessment, Hydraulic Processes, Northwest of Iran.

* . Corresponding author: Mousa Abedeni Email: abedeni@uma.ac.ir Tel:+989143535226

How to cite this Article: Abedini, M., Fateh Elahi, P., & Nezafat takle, B. (2024). Investigating the lateral erosion of Darehroud river and its classification using Rasgen model (Case study: Horand city - East Azerbaijan). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 13(3), 101-128.

جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص ۱۲۸-۱۰۱

ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

نشریه علمی
جغرافیا و مخاطرات محیطی

دسترسی آزاد DOI: 10.22067/geoeh.2022.78374.1272 مقاله پژوهشی

بررسی فرسایش کناری رودخانه دره‌رود و طبقه‌بندی آن با استفاده از مدل راسگن (مطالعه موردی: شهرستان هوراند -آذربایجان‌شرقی)

موسی عابدینی[1]- استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

پیام فتح الهی- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

بهروز نظافت تکله- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۳۱ تاریخ بازنگری:۱۴۰۲/۷/۱۲ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۷/۲۳

چکیده

فرسایش کناره‌ای رودخانه به یک روند هیدرولیکی مرتبط می‌شود که در تحت آن نیروی کششی حاصل از جریان موجب جدا شدن ذرات خاک کناره می‌گردد. تغییرات مجرای رودخانه، فرسایش کناره‌ای و رسوب‌گذاری کناره‌ای، فرآیندهای طبیعی رودخانه‌های آبرفتی هستند که باعث تخریب زمین‌های کشاورزی اطراف و خسارت به تأسیسات انسانی اطراف رودخانه می‌شود. در این پژوهش از مدل راسگن (سطح ۱ و سطح ۲ و سطح ۳) جهت ارزیابی وضعیت رودخانه دره‌رود به‌منظور اندازه‌گیری میزان فرسایش‌کناره‌ای و از سطح یک برای مشخص نمودن نوع مجرا پس از به دست آوردن شیب رودخانه دره‌رود در محدوده موردمطالعه استفاده شده است. با توجه به شیب‌های به‌دست‌آمده از مقاطع مختلف و مشاهدات میدانی از سطح مقطع و پلان رودخانه در مطالعات میدانی و باملاحظه طبقه‌بندی رودخانه‌ها بر اساس شیب‌های مختلف در طبقه‌بندی اولیه و سطح ۱ راسگن، مقاطع موردنظر در گروه B و A قرار گرفتند. در این پژوهش ۶ مقطع از روستای گاولان تا روستای لقان به طول ۵ کیلومتر انتخاب شده است. پس از مشخص نمودن طبقه‌بندی رودخانه در سطح یک و دو راسگن، شرایط رودخانه دره‌رود و بازه‌های آن، از مجموع امتیازهای به‌دست‌آمده در سطح سوم راسگن از مجموع امتیازهای به‌دست‌آمده در سطح سوم راسگن، در

[1] -نویسنده مسئول : ۰۹۱۴۳۵۵۵۲۲۶ Email: abedini@uma.ac.ir

منطقه موردمطالعه، بازه۲ و ۵ و ۶ هر سه از گروه تیپ B۴، به ترتیب با مجموع امتیازهای ۹۱ و۸۵ و ۱۱۱ و گروه تیپ A۴ با امتیاز ۸۷ در وضعیت ضعیف ناپایدار قرار می‌گیرند. بازه۱ و۳ از گروه تیپ A۴، به ترتیب با مجموع امتیازهای ۹۱ و ۸۷ در وضعیت خوب و پایدار قرارگرفته دارند. درواقع طبقه‌بندی رودخانه دره‌رود در محدوده موردمطالعه بر اساس سیستم طبقه‌بندی سطح یک، دو و سه راسگن، یک ارزیابی منطقی است که اطلاعات ریزتر و دقیق‌تری را برای کاربردهای مدیریتی فراهم می‌کند.

کلیدواژه‌ها:فرسایش کناره رودخانه، رودخانه‌های آبرفتی،مدل راسگن،ارزیابی پایداری رودخانه،فرآیندهای هیدرولیکی ، شمالغرب ایران.

۱-مقدمه

حوضه‌های رودخانه‌ای که به حوضه‌های هیدروگرافی نیز مرسوم است، عوامل فرسایشی به‌صورت سیستماتیک مرتبط به هستند. ارزش و اهمیت مطالعات حوضه‌های رودخانه‌ای به لحاظ افزایش روزافزون جمعیت و بستر بر آورد کننده نیازهای کشاورزی، دامداری و گسترش مناطق مسکونی و شبکه ارتباطی و سایر کاربری‌ها روز به روز بیش‌تر معلوم می‌شود (Abedini, 2018) ژئومورفولوژی زمین با گذشت زمان در حال تغییر است و در این میان فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین پدیده‌های تأثیرگذار در تغییرات مورفولوژی سطح زمین است (Abedini & Tulabi, 2017) مهم‌ترین پدیده در فرایندهای پوسته زمین جریان آب‌ها است و رودخانه‌ها نه‌تنها در سیمای کلی زمین نقش دارند، بلکه شکل زیستن انسان در کره‌ی زمین را نیز تعیین می‌نماید (Rezaei Moghaddam, Sarvati & Asghari Sareskanrood, 2012). رودخانه به‌عنوان دستگاهی پویا، مکان و خصوصیات مورفولوژیکی خود را همواره برحسب زمان، عوامل ژئومورفیک، زمین‌شناختی، هیدرولوژیکی و گاه در اثر دخالت بشر تغییر می‌دهد (Rezaei Moghaddam, Sarvati & Asghari Sareskanrood, 2018). در بسیاری از دستگاه‌های رودخانه‌ای، در طول صدسال گذشته، عوامل متعددی مانند استفاده از زمین، شهرنشینی، زهکشی، ساخت سدها، انحراف مسیر رودخانه، احداث معادن شن و ماسه و دینامیک رودخانه تغییرات قابل‌توجهی در اثر دخالت انسانی داشته است. آب‌وخاک، پایه و اساس حیات بشر به شمار می‌آیند. امروزه فرسایش خاک این منابع با ارزش و درنتیجه حیات بشر را تهدید می‌کند؛ بنابراین ارزیابی فرسایش خاک و کنترل آن امری ضروری است (Abedini & Tulabi, 2017).

پیامدهای فرسایش کناره‌ای باعث بروز تغییرات و ناپایداری‌ها در رودخانه و نهایتاً تغییر الگوی رفتاری رودخانه می‌گردد. لذا جهت مقابله با این پدیده و کاهش اثرات مخرب آن نیاز به شناخت پدیده فرسایش کناری و مکانیزم وقوع آن است (Kang, 2007). محدوده مطالعاتی که قسمتی از رودخانه دره‌رود در آن قرارگرفته است با وسعت ۶۶۶۲ هکتار معادل ۶۶/۶ کیلومترمربع در قسمت شمال شرقی استان آذربایجان شرقی و در شهرستان هوراند واقع شده است. ورود جبهۀ سرد به منطقه و نزول درجه حرارت در صورت مساعد بودن وضعیت جوی سبب ریزش برف با چگالی کم می‌گردد. بنابراین سیستم فشار زیاد سیبری بنا به موقعیت و نوع جریان تا اندازه‌ای بر روی منطقه اثر می‌گذارد. بارندگی سالانه در منطقه موردمطالعه ۳۵۶ میلی‌متر است و حجم این بارش در حدود ۱۰۳ میلیون مترمکعب است. در طول مسیر این رودخانه می‌توان آثار فرسایش کناره‌ای را به‌کرات مشاهده کرد که این تغییر کانال مشکلاتی را برای مردم به دنبال داشته است. به‌طورکلی به خاطر این‌که رودخانه دره‌رود، از باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی و نیز سازه‌های انسانی عبور می‌کند، ضرورت دارد تا بامطالعه فرسایش و برآورد آن از خسارت‌های احتمالی جلوگیری به عمل آید.

مطالعات مختلفی توسط محققان داخلی و خارجی درزمینه ژئومورفولوژی رودخانه‌ای صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: در مورد پهنه‌بندی فرسایش خاک حوضه رودخانه بالخلوچای عابدینی و یعقوب نژاد (Abedini & Yaqub Nejad Asl, 2016) پژوهشی انجام داده‌اند و نتایج آن نشان داده که حدود ۲۶/۹۳ درصد از مساحت حوضه در محدوده با خطر فرسایش بسیار زیاد و زیاد و حدود ۳۰/۸۸ در محدوده با خطر فرسایش‌کم و بسیارکم قرار گرفته‌اند. در ارزیابی مورفولوژی مجرای رودخانه لیقوان با روش طبقه‌بندی راسگن (حد فاصل ایستگاه لیقوان و هروی) داده‌های مقاطع عرضی رودخانه و پارامترهای مورفولوژیکی را برای هر بازه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده و نتایج نشان داد که رودخانه از نوع سینوسی بوده و بر اساس طبقه‌بندی راسگن بازه‌های مختلف در الگوهای مختلف قرارگرفته است و درنهایت این نوع طبقه‌بندی مورفولوژیکی از رودخانه می‌تواند در توسعه طرح‌های مهندسی و بحث‌های مدیریتی و احیای رودخانه مورداستفاده قرار گیرد (Roostaei, Khurshid Dost & Khaleghi, 2012). اسماعیلی و

حسین زاده (Esmeili & Hosseinzadeh, 2015) جهت مقایسه روش‌های روزگن و استیل رود در طبقه‌بندی رودخانه‌های کوهستانی، مطالعه موردی البرز شمالی حوضه آبریز لاویج، پرداختند ایشان به این نتیجه رسیدند بر اساس روش استیل رود، هشت استیل در حوضه آبریز لاویج شناسایی شد و در سیستم طبقه‌بندی روزگن فقط گروه A این روش درست شناسایی شده و بقیه بازه‌ها در هیچ گروه مشخصی قرار نگرفتند. خالقی و همکاران (Khaleghi, Roustaei, Khorshiddoost, Rezaei Moghadam & Ghorbani, 2016) در پژوهشی برآورد فرسایش کرانه رودخانه لیقوان چای با استفاده از شاخص تنش‌برشی نزدیک کرانه راسگن پرداخته‌اند که نتایج نشان داد در روش (R_B/W_{bkf})، میزان فرسایش‌پذیری کرانه در اکثر مقاطع به‌جز مقطع ۱۰، کم تا خیلی کم بوده و در روش(d_{nb}/d_{bkf}) در اکثر مقاطع فرسایش‌پذیری کرانه‌ها در حد کم تا متوسط را نشان داد. ضریب ناپایداری رودخانه طالقان و راهکار مهندسی برای پایدارسازی کناره آن با استفاده از مدل لین را موردمطالعه قرار داده‌اند. عابدینی (Abedini, 2021) در مورد فرسایش خندقی و رسوبدهی با استفاده از شاخص‌های فرسایندگی باران، مورفومتری و رگرسیون خطی در حوضه آبخیز هرزندچای شهرستان مرند تحقیق به عمل آورده و نتایج نشان داده که مجموع کل فرسایش سالانه خاک در حوضه ۴۱۱۲۱۵۲۵ تن و برای هر هکتار ۲۹۱ تن می‌باشد که این بیانگر بالا بودن نرخ فرسایش خاک در این حوضه است.

حسین زاده و همکاران (Hosseinzadeh, Shayan & Najafzadeh, 2022)، به بررسی پتانسیل فرسایش کناره پایداری مجرا در رودخانه حاجی عرب بویین‌زهرا- قزوین با استفاده از مدل راسگن پرداختند ایشان به این نتیجه دست یافتند که عامل فرسایش کناره و پوشش گیاهی ریپارین مؤثرترین عوامل در ناپایداری کناره‌ای رودخانه حاجی‌عرب تبیین شدند (Batalla et al., 2018). به تحلیل و بررسی تکامل ژئومورفولوژیکی کانال رودخانه طبیعی در حوضه مدیترانه شیلی پرداختند. در این مطالعه با استفاده از سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای رابطه اقلیم و مورفولوژی رودخانه موردبررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که تغییرات مورفولوژی از قبیل باریک شدن مجرای رودخانه و از بین رفتن پوشش گیاهی توسط انسان باعث فراوانی و بزرگی رویدادهای سیل در این حوضه شده است. همچنین نوسانات ده‌ساله اقیانوس

آرام و فعالیت‌های اقلیمی و کاهش دبی نیز منجر به پایداری رودخانه و ساده‌سازی الگوی زهکشی کانال رودخانه شده است. ویجسکارا و همکاران (Wijesekara, Gupta, Valeo, Hasbani & Marceau, 2010) در تحقیقی، تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن‌ها بر روند هیدرولوژیکی را در حوضه رودخانه آرنج در جنوب کانادا بر اساس مدل‌های توزیع هیدرولوژیکی با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که تغییر کاربری اراضی و پیش‌روی زمین‌های کشاورزی و اراضی مسکونی باعث کاهش عملکرد سالانه آب و رواناب سطح حوضه آبخیز شده است.

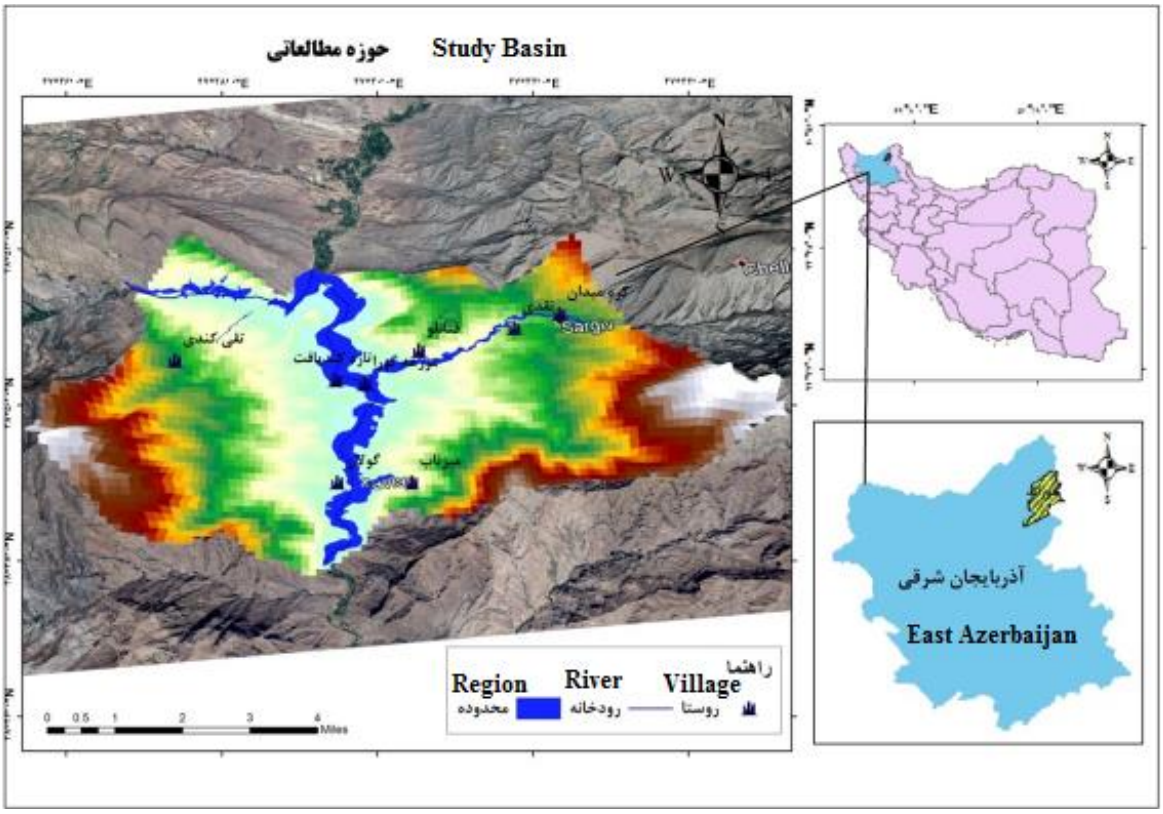
همچنین مطالعاتی همچون ساس و کین (Sass & Keane, 2012) و اطمینان و همکاران (Etminan, Rostami & Nosrati, 2020) انجام شده است. هدف از این پژوهش بررسی فرسایش کناری رودخانه دره‌رود و طبقه‌بندی آن با استفاده از مدل راسگن (مطالعه موردی: شهرستان هوراند –آذربایجان‌شرقی) می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱ منطقه موردمطالعه

حوضه موردمطالعه ازنظر هیدرولوژیکی جزئی از حوضه آبریز ارس بوده و ازنظر سیاسی جزو استان آذربایجان شرقی و شهرستان هوراند می‌باشد و مساحتی بالغ بر ۲۹۰ کیلومترمربع را شامل می‌گردد. محدوده موردمطالعه ازنظر مختصات جغرافیایی متریک (UTM) در زون ۳۸ و بین طول‌های ۶۹۲۵۰۵ تا ۷۱۶۷۰۶ متر شرقی و عرض‌های ۴۲۸۵۱۵۷ تا ۴۳۰۸۲۹۳ متر شمالی واقع شده است. این محدوده در حوضه آبخیز هوراند واقع شده است. وسعت حوضه آبخیز هوراند برابر ۲۹۰۵۰ هکتار معادل ۲۹۰/۵ کیلومترمربع و محیط حوضه نیز ۸۵/۷۸ کیلومتر می‌باشد. محدوده مطالعاتی که قسمتی از رودخانه دره‌رود در آن قرارگرفته است با وسعت ۶۶۶۲ هکتار معادل ۶۶/۶ کیلومترمربع در قسمت شمال شرقی استان آذربایجان شرقی و در شهرستان هوراند واقع شده است. ورود جبهۀ سرد به منطقه و نزول درجه حرارت در صورت مساعد بودن وضعیت جوی سبب ریزش برف با چگالی کم می‌گردد. بنابراین سیستم فشار زیاد سیبری بنا به موقعیت و

نوع جریان تا اندازه‌ای بر روی منطقه اثر می‌گذارد. بارندگی سالانه در منطقه موردمطالعه ۳۵۶ میلی‌متر می‌باشد و حجم این بارش در حدود ۱۰۳ میلیون مترمکعب می‌باشد و متوسط تبخیر در منطقه موردمطالعه ۱۲۴۲/۹ میلی‌متر می‌باشد. منطقه موردمطالعه ازنظر رخدادهای زمین ساختی در طور دوران پالئوزوئیک همانند ایران مرکزی و البرز دارای شرایط پلاتفرمی بوده است و طی آن رسوبات دریایی کم‌ژرفای قاره‌ای در آن انباشته شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

Fig.1. Location of the study area

۲-۲- مطالعات میدانی و روش‌های استفاده شده

تحقیق موردنظر، به‌صورت مطالعات میدانی، مطالعات کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی استفاده شده است. استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و سازمان

نقشه‌برداری کشور و استفاده از نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی کشور. بررسی‌های میدانی مستقیم جهت انجام ملاحظات ژئومورفولوژی محلی، اندازه‌گیری‌های مورفومتری کانال رود، عکس‌برداری و ارزیابی ضریب مانینگ صورت گرفته است. داده‌های حاصل از بررسی میدانی، شامل اندازه‌گیری عمق رودخانه در مقطع‌های مختلف، عرض مقطع پر، شیب بستر، شیب کناره رودخانه و شیب دیواره در مقاطع مختلف، بررسی جنس زمین و نوع پوشش گیاهی و سرعت آب در مقاطع مختلف هستند. برداشت‌های زمینی و محاسبه پارامترهای ژئومورفیک و هیدرولیک (عمق، مساحت مقطع عرضی، محیط خیس شده، شعاع هیدرولیک، شیب کانال، عرض کانال و عرض کانال در دبی لبالبی، عمق دبی لبالبی، عرض دره، مساحت حوضه، ضریب مانینگ) و کارهای آزمایشگاهی و درنهایت واردکردن اطلاعات به‌دست‌آمده در مدل راسگن و بررسی جابجایی عرضی و تغییرات بستر رودخانه از طریق مطالعه مقاطع عرضی رودخانه انجام‌گرفته است.

با توجه به آثار کناره رودخانه ازجمله: زیربری رودخانه، تغییرات جنس در کرانه رودخانه، با توجه به آثار خزه‌ها و گلسنگ‌ها، تغییرات رنگ سنگ‌ها و در محل‌هایی که دشت سیلابی داریم لبه دشت سیلابی دبی لبالبی یا عرض مقطع پر مشخص می‌شود، که می‌توان با استفاده از متر پارچه‌ای آن را اندازه‌گیری کرد (شکل ۲ و ۳).



شکل۲- نمایی از اندازه‌گیری دبی لبالبی

Fig.2. A view of overflow discharge measurement

شعاع انحناء را برای هر مقطع در محیط اتوکد و با استفاده از تصاویر گوگل ارث به دست می‌آوریم که در این روش ابتدا تصویر برداشته‌شده از گوگل ارث را از مقطع موردنظر در اتوکد هم مقیاس کرده و سپس دایره مماس بر قوس‌های موردنظر را رسم کرده و شعاع انحناء را به دست می‌آید.

۲-۳- ضریب خمیدگی

میزان ضریب خمیدگی برای هر بازه از گوگل ارث به دست آمد. درجایی که طول مجرا به‌صورت طول تالوگ فرض شود، از تقسیم طول مجرا (CL)، به طول دره (VL) ضریب خمیدگی (SR) به دست می‌آید (Kang, 2007)(جدول ۱).

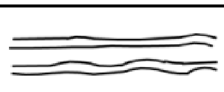
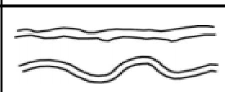
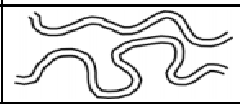
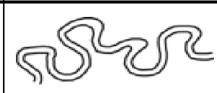


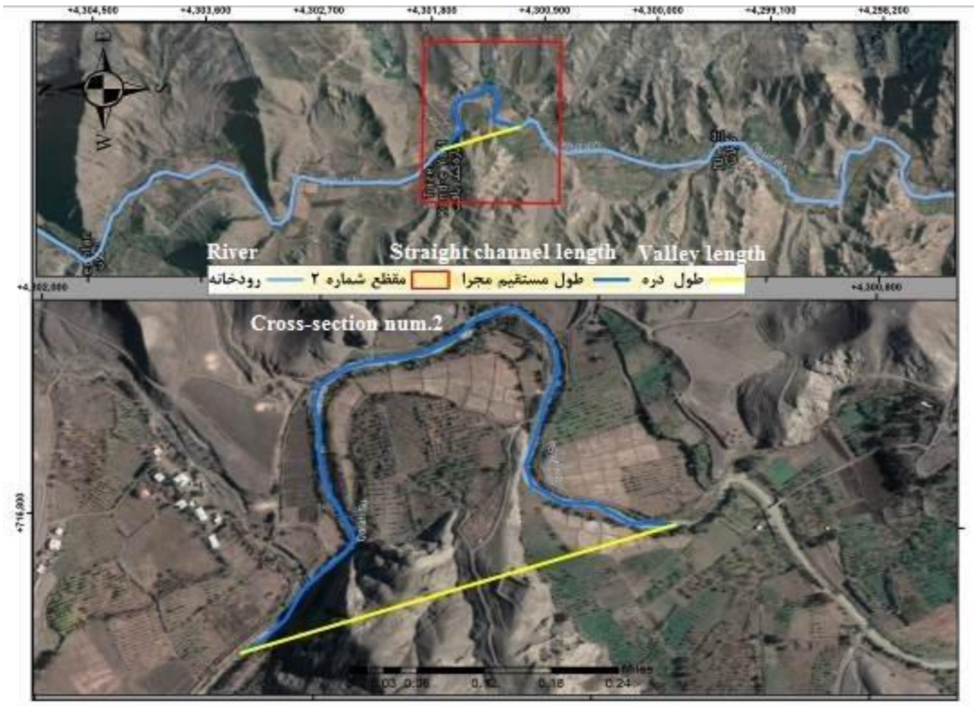
شکل۳- وضعیت مقطع شماره دو در رودخانه دره رود

Fig.3. Condition of cross-section number two in the Dareh Roud river

جدول۱- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها برحسب ضریب خمیدگی

Table 1- Rivers classification based on curvature coefficient

ضریب پیچشی	۱ – ۱/۰۵	۱/۰۶ – ۱/۲۵	۱/۲۵ – ۲	> ۲
شمای رودخانه				
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچانرودی	پیچانرودی شدید



شکل۴- اندازه‌گیری ضریب خمیدگی و نوع بازه در مقطع شماره دو

Fig.4 .Measurement of curvature coefficient and channel reach type in cross-section 2

$$(SR) = \frac{1331.73}{657.63} = 2/02$$

در مقطع شماره۲ شکل۴، الگوی رودخانه از نوع مئاندری نسبتاً شدید می‌باشد و توسعه مئاندرها منجر به میانبر گلوگاهی و ایجاد اشکال ژئومورفیکی نعل اسبی شده است.

دانه‌بندی ازجمله مشخصه‌های مهم مواد رسوبی موجود در بستر رودخانه‌ها است. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان مواد رسوبی موجود در بستر رودخانه‌ها را ازلحاظ دانه‌بندی به دو گروه رسوبات چسبنده (ریزدانه‌ها) و رسوبات غیر چسبنده (درشت‌دانه‌ها) متمایز کرد. ترکیب دانه‌بندی رسوبات چسبنده شامل سیلت و رسی بوده و اندازه دانه‌ها کمتر از ۰/۰۶۲ میلی‌متر است، شن بخش عمده‌ای از بستر رودخانه‌های پیچان‌رودی در مناطق جلگه‌ای کم شیب و مصب‌ها دارای ساختار سیلت و رس بوده و ریخت‌شناسی رودخانه با آن مرتبط. رسوبات غیر چسبنده از طیف وسیع‌تری برخوردار و از چهار رتبه مشخص شامل

ماسه، شن، قلوه‌سنگ و قطعه‌سنگ تشکیل‌شده است (Kang, 2007)، بسترهای ماسه‌ای در بازه‌های مستقیم و پیچان‌رودها عمومیت دارد. برای معرفی دامنه تغییرات دانه‌بندی استفاده از نمودار میله‌ای و تجمعی متداول می‌باشد. مواد رسوبی موجود در رودخانه‌ها معمولاً دارای لایه‌بندی‌های متفاوتی است. ازاین‌رو علاوه بر دانه‌بندی، وجود لایه‌های رسوبی مختلف در بستر رودخانه‌ها رفتار ریخت‌شناسی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس لایه‌ای از جنس ماسه ممکن است بر روی یک‌لایه شنی و یا رسی قرار گیرد. بدیهی است اندازه دانه‌ها بر نرخ انتقال رسوب و میزان فرسایش و رسوب‌گذاری و پیامدهای ریخت‌شناسی حاصله تأثیر مستقیم دارد. با افزایش قطر دانه‌ها نرخ انتقال رسوب رو به کاهش می‌گذارد. ازاین‌رو تغییرات لایه‌بندی می‌تواند روند فرسایش و یا رسوب‌گذاری را دستخوش تغییر نماید. وجود یک‌لایه ماسه‌ای در زیر لایه شنی پتانسیل تشدید فرسایش را افزایش می‌دهد. از دیدگاه ریخت‌شناسی و انتقال رسوب دولایه مشخص همواره باید مدنظر قرار گیرد. لایه سطحی یا لایه جوشنی و لایه زیرین. وجود لایه جوشنی مانع ادامه فرسایش و کف کنی بستر شده و از این طریق مشخصه‌های ریخت‌شناسی رودخانه را تثبیت می‌نماید. در سیلاب‌های بزرگ با شکسته شدن لایه جوشنی لایه زیرین فرسایش یافته و رودخانه فرسایش عمومی را تجربه می‌کند، در مطالعات رودخانه‌ای، به رودخانه‌های آبرفتی که اندازه رسوبات بستر آن‌ها از دو میلی‌متر بزرگ‌تر باشد به‌طورکلی بستر گراولی گفته می‌شود. اگر هدف مطالعه رسوبات سطحی بستر گراولی رودخانه باشد روش‌های متعددی شامل نقشه‌برداری رخساره‌ها، تخمین بصری، شمارش سنگ و عکاسی وجود دارد. بدیهی است که اندازه‌گیری تمامی رسوبات رودخانه و یا حتی یک بازه امکان‌پذیر نیست. ازاین‌رو لازم است که محقق از رسوبات بستر رود یا اشکال ژئومورفیک رودخانه‌ای نمونه‌گیری نماید و نتایج را به جوامعِ آماری که در اینجا بازه رود یا کل رودخانه است، تعمیم دهد. تکنیک‌های مختلفی برای نمونه‌گیری در مطالعات رودخانه‌ای پیشنهادشده است که در تحقیق موردنظر از اندازه‌گیری با گراولمتر انجام‌گرفته است. گراول‌متر یک الگو یا قالب است که اندازه ذرات حدی بر روی آن به‌صورت یک مربع بریده‌شده‌اند. گراول‌متر را می‌توان بر روی یک‌یک صفحه عکس رادیولوژی برش داد که به‌راحتی بر روی زمین قابل‌استفاده است.

برای به دست آوردن دبی ابتدا باید سرعت آب اندازه‌گیری شود که از سرعت جسم شناور در آب استفاده می‌شود. سرعت رود تحت تأثیر شیب، ناهمواری بستر و شکل مقطع عرضی کانال رود است. یکی از فن‌های رایج برای تخمین غیرمستقیم دبی روش شیب_سطح مقطع مانینگ است. علت اینکه در مطالعات ژئومورفولوژی رودخانه‌ای اغلب ازاین‌روش برای محاسبه سرعت جریان و حجم دبی استفاده می‌شود، اول این است که همه مکان‌ها یا مقاطع دارای ایستگاه آب‌سنجی نیستند و دوم اینکه اندازه‌گیری مستقیم دبی اوج رود در اغلب جریان‌های سیلابی امکان‌پذیر نبوده و محاسبه دبی جریان سیلاب‌های گذشته با استفاده ازاین‌روش امکان‌پذیر است.

معادله مانینگ برای محاسبه دبی به‌صورت زیر است:

$$V = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

V: سرعت جریان به متر در ثانیه(m/s)

Q: دبی به مترمکعب در ثانیه($m3/s$)

A: مساحت مقطع عرضی به مترمربع (m^2)

S: شیب‌بر حسب متر بر متر (m/m) شیب درواقع شیب‌خط انرژی است، باوجوداین، در عمل شیب انرژی موازی با شیب سطح آب و شیب بستر فرض می‌شود و شیب بستر رود اندازه‌گیری می‌شود،

R: شعاع هیدرولیک به متر (m) و n: ضریب زبری مانینگ که با استفاده از جداولی که در کتاب‌های هیدرولوژی موجود است، می‌توان مقدار آن را مشخص نمود.

۲-۴- طبقه‌بندی رودخانه بر اساس روش راسگن

دیوید راسگن در راستای شناخت رفتار رودخانه‌ها، با بررسی تعداد بی‌شماری از آبراهه‌های مختلف، شناخت مناسبی از انواع رودخانه‌ها به دست آورده و مراحل تعیین خصوصیات ریخت‌شناسی رودخانه را ارائه و تشریح نموده است. بر اساس روش راسگن، خصوصیات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها در چهار سطح مختلف موردبررسی قرار می‌گیرد و به ترتیب از سطح یک که شناخت مشخصات کلی و بر مبنای بررسی سطحی است تا سطح چهار که ارزیابی بسیار دقیق و با جزییات کامل از ویژگی‌های ریخت‌شناسی رودخانه ارائه می‌دهد انجام می‌شود. درروش راسگن با تعیین نوع رودخانه بر اساس طبقه‌بندی انواع آن در هر سطح از ارزیابی، خصوصیات ریخت‌شناسی آن پیش‌بینی می‌گردد.

در سال ۱۹۹۶، رزگن با انتشار مقاله طبقه‌بندی رودخانه‌های طبیعی یک طبقه‌بندی سلسله مراتبی جدیدی را ارائه کرد. این طبقه‌بندی با توجه به این که مباحث مربوط به احیای رودخانه را در بر می‌گرفت، به سرعت در بین هیدرولوژیست‌ها، ژئومورفولوگ‌ها و بیوژیست‌ها موردتوجه واقع شد. این مدل به‌صورت وسیع بر روی رودخانه‌های ایالات‌متحده آمریکا مورداستفاده قرار گرفته است.

طبقه‌بندی رزگن بر اساس چهار سطح صورت می‌گیرد:

سطح اول: ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی شامل توپوگرافی، لندفرم‌ها، مورفولوژی دره، الگو و پروفیل‌های رودخانه

سطح دوم: توصیف مورفولوژیکی بر اساس مطالعات میدانی تعیین‌کننده منابع اطلاعاتی بازه‌ها

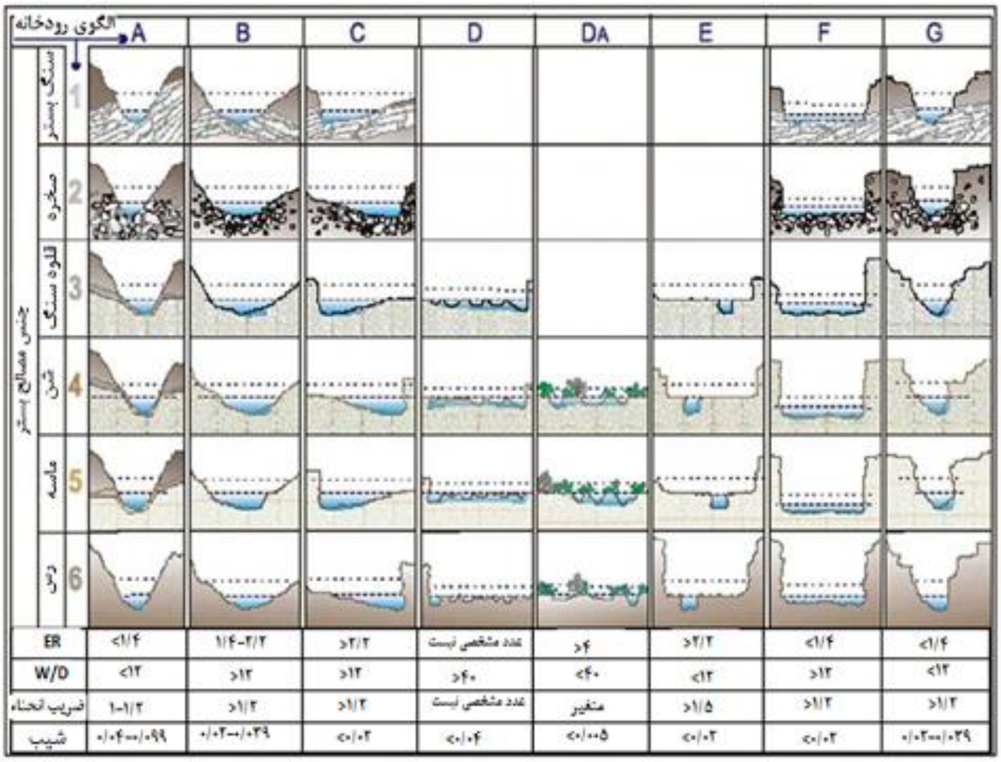
سطح سوم: حالت و وضع رودخانه در شرایط پایداری، واکنش و پتانسیل پاسخ

سطح چهارم: اعتبار سنجی اندازه‌گیری‌ها بررسی روابط بین فرآیندها (Shea et al., 2005).

در این پژوهش با توجه به هدف و داده‌های موجود، سطح ۱ و سطح۲ و سطح ۳ سیستم رزگن بررسی گردید. طبقه‌بندی رودخانه‌ها در سطح ۱ راسگن: در سطح ۱ راسگن با در نظر گرفتن اطلاعات حاصل از

نیمرخ رودخانه، عوارض دره، شکل سطح مقطع و الگوی پلان طبقه‌بندی رودخانه‌ها انجام می‌گیرد. در این طبقه‌بندی الگوی پلان به بازه مستقیم، پیچان‌رودی با ضریب خمیدگی متفاوت، شریانی پایدار و ناپایدار طبقه‌بندی می‌شود. در این سطح نوع رودخانه از نوع A تا نوع G که همراه با خصوصیات کلی، شکل سطح مقطع و الگوی شکل سطح جریان است مشخص می‌گردد (شکل ۵).

طبقه‌بندی رودخانه‌ها در سطح ۲ راسگن: دومین سطح از تحلیل ریخت‌شناسی رودخانه و خصوصیات رفتاری آن درروش راسگن، توصیف جزئی‌تر و دقیق‌تری از طبقه‌بندی رودخانه‌ها ارائه می‌دهد. در این سطح از تقسیم‌بندی راسگن، پارامترهای بیشتری شامل شیب رودخانه، انواع مصالح بستر رودخانه (از قطعات سنگی تا سیلت)، شاخص گود افتادگی (ER)، نسبت عرض به عمق در حالت دبی لبالبی و ضریب خمیدگی استفاده می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- طبقه‌بندی ژئومورفیکی مجرای رودخانه بر اساس طبقه‌بندی سطح ۲ راسگن

Fig.5. Geomorphical classification of river channel based on Rasgen level 2 classification

طبقه‌بندی رودخانه‌ها در سطح ۳ راسگن: در طبقه‌بندی سطح ۳، مفهوم پایداری و پتانسیل رودخانه موردتوجه قرارداد. پایداری یک آبراهه ازنظر مورفولوژی، توانایی آبراهه در حفظ شرایط موجود و باقی ماندن در آن وضعیت در طی زمان ازجمله حفظ ابعاد، الگو و مقاطع آن است، به‌نحوی‌که رودخانه نه رسوب‌گذار و نه در حالت کف کنی باشد. پس از طبقه‌بندی در سطح یک از A تا G بسته به نوع مواد رسوبی بستر، بار دیگر به بخش‌های ریزتری شامل بسترهای رسی-سیلتی، بسترهای ماسه‌ای، بسترهای شنی، بسترهای قلوه‌سنگی، بسترهای سنگی و بسترهای قطعه‌سنگی طبقه‌بندی می‌شوند. با توجه به جدول ۲، سه بخش رودخانه شامل بخش بالایی، بخش پایینی کرانه رودخانه و کف و بستر رودخانه بر اساس ۴۲ پارامتر و شاخص‌های آن همراه با پیمایش‌های میدانی در بازه‌های موردمطالعه ارزیابی‌شده و درنهایت شرایط جریان در چهار حالت عالی، خوب، متوسط و ضعیف مشخص می‌گردد.

جدول ۲- معیارهای ارزیابی شرایط پایداری رودخانه در سطح سوم رزگن (Rosgen, 1996)

Table 2- Criteria for evaluating the stability conditions of the river in the third level of Rosgen (Rosgen, 1996)

امتیاز **Score**	خوب **Good**	امتیاز **Score**	عالی **Fine**	رده **Class**		
4	گرادیان شیب ۴۰-۳۰ درصد Slope gradient of 30 to 40%	2	گرادیان شیب کمتر از ۳۰ درصد Slope Gradient less than30%	شیب لند فرم Landform Slope	1	بخش بالایی کرانه رودخانه Upper reach of the river bank
6	نادر Rare	3	بدون شواهد Without evidence	حرکات توده‌ای Mass movements	2	
4	ریزش کم با اندازه‌های کوچک Low rockfall	4	اساساً وجود ندارد Essentially dosent not exist	پتانسیل ریزش سنگ Rockfall potential	3	
6	تراکم بوته ۹۰-۷۰ درصد و نسبتاً شدید 70-90% shrub density and relatively Severe	5	تراکم بوته ۹۰ درصد و شدید 90% shrub density and Severe	پوشش گیاهی سواحل Coastal vegetation cover	4	
2	مناسب، سرریز نادر، نسبت ۱۵-۸W/D Suitable, Rare overflow, W/D ratio 8-15	1	زیاد، جریان پیک، نسبت W/D کمتر از ۷ High, peak flow, W/D ratio less than7	ظرفیت کانال Channel capacity	5	بخش پایینی کرانه رودخانه Lowe reach of the river bank
4	تخته‌سنگ کوچک ۶۵-۴۰ درصد، اندازه ۱۲-۶ اینچ small boulders 40-60% size: 6-12 inch	2	تخته‌سنگ‌های بزرگ زاویه‌ای ۶۵ درصد و بیشتر Large boulders with an angle of 65% or higher	اندازه سنگ ساحل Beach rock size	6	
4	در حدی که باعث جریان سایشی	2	سنگ‌ها	موانع جریان	7	

	شود To the extent that it causes abrasive flow		Rocks	Flow obstacles		
6	در حد خمیدگی، ۱۲ اینچ At the level of curvature, 12 inches	4	عدم برش یا خیلی کم، کمتر از ۶ اینچ No or minimal erosion, less than 6 inches	برش Cut	8	
8	کم، همراه باکمی شن درشت Low, with some coarse sand	4	کم یا بدون پوینت بار Low or no point bars	رسوب‌گذاری Sedimentation	9	
2	گوشه‌های گرد و لبه‌دار Rounded corners and edged	1	لبه تیز و گوشه‌دار Sharp edges and angular corners	زاویه سنگ Rock angle	10	
2	سطوح کدر بیشتر، سطوح روشن در حدود ۳۵ درصد Dull surfaces predominant, bright surfaces around 35%	1	سطوح کدر، تاریک Dull, dark surfaces	روشنایی Brightness	11	
4	متوسط باکمی تداخل Moderate with minimal interference	2	کم، اندازه‌های گوناگون Low, various sizes	انسجام ذرات Partical cohesion	12	بستر رودخانه River bed
8	تغییر اندازه متوسط، ۸۰-۵۰ درصد بستر پایدار Moderate size change, 50-80% bed stability	4	بدون تغییر اندازه مشهود، ۱۰۰-۸۰ درصد بستر پایدار No noticeable size change, 80-100% bed stability	ابعاد اندازه بستر Bed material dimensions	13	
12	۳۰-۵ درصد کف تحت تأثیر فرسایش 5-30% of the bed affected by erosion	6	کمتر از ۵۰ درصد کف تحت تأثیر سایش Less than 50% of the bed affected by abrasion	فرسایش و رسوب Erosion & Sefimentation	14	
2	معمول، اشکال جلبک Common, algae formations	1	فراوان، خزه Abundant, moss	پوشش گیاهی آبی Aquatic vegetation cover	15	
امتیاز Score	**ضعیف** **Weak**	**امتیاز** **Score**	**متوسط** **Moderate**	**رده** **Class**		
8	گرادیان شیب بیشتر از ۶۵ درصد Slope gradient greater than 65%	6	گرادیان شیب ۶۰-۴۰ درصد Slope gradient 40-60%	شیب لند فرم Landform Slope	1	
12	مکرر، باعث رسوب و خطر به‌طور منظم Frequent, causing sedimentation and risk regularly	9	مکرر یا بزرگ، باعث رسوب به‌طور منظم Frequent or large, regularly causing sediment deposition	حرکات توده‌ای Mass movements	2	بخش بالایی کرانه رودخانه Upper reach of the river bank
8	متوسط تا سنگین، عمدتاً اندازه بزرگ‌تر Moderate to heavy, mainly larger sizes	6	متوسط تا سنگین، عمدتاً در اندازه‌های بزرگ Moderate to heavy, mainly in large sizes	پتانسیل ریزش سنگ Rockfall potential	3	
12	تراکم بوته کمتر از ۵۰ درصد و توان رشد ضعیف Shrub density less than 50%, poor growth potential	9	تراکم بوته ۷۰-۵۰ درصد با توان رشد کم Shrub density 50-70%, low growth potential	پوشش گیاهی سواحل Coastal vegetation cover	4	

4	نامناسب، سرریز معمول، نسبت W/D بیشتر از ۲۵ درصد Inappropriate, common overflow, W/D ratio greater than 25%	3	جریان پیک نادر، نسبت W/D ۱۵-۲۵ اینچ Rare peak flow, W/D ratio 15-25 inches	ظرفیت کانال Channel capacity	5	
8	شن و سنگ بیشتر از ۲۰ درصد، اندازه ۳-۱ اینچ Sand and gravel more than 20%, size 1-3 inches	6	قلوه‌سنگ ۴۰-۲۰ درصد، اندازه ۶-۳ اینچ Cobble 20-40%, size 3-6 inches	اندازه سنگ ساحل Beach rock size	6	بخش پایینی کرانه رودخانه Lowe reach of the river bank
8	کم، پر شدن رسوب گیرها Low, sediment trap infilling	6	متوسط حرکت با جریان بالا Moderate movement with high flow	موانع جریان Flow obstacles	7	
16	تقریباً مداوم، بزرگ‌تر از ۲۴ اینچ Almost continuous, larger than 24 inches	12	قابل‌توجه، برش ساحل اولیه ۲۴-۱۲ اینچ Significant, initial beach erosion 12-24 inches	برش Cut	8	
16	گسترده، دانه‌ریز Extensive, fine-grained	12	متوسط، شن‌های جدید و ماسه دربار رسوب Medium, new sands and sandbars sedimentation	رسوب‌گذاری Sedimentation	9	
4	در همه ابعاد به‌خوبی گرد شد Well-rounded in all sizes	3	لبه‌ها و گوشه‌ها به‌خوبی گرد شده Edges and corners well-rounded	زاویه سنگ Rock angle	10	
4	عمدتاً روشن بیشتر از ۶۵ درصد Mainly bright, more than 65%	3	ترکیب کدر و روشن‌بین ۶۵-۳۵ درصد Dull and bright composition 35-65	روشنایی Brightness	11	
8	بدون جور شدگی مشهود، حرکت آسان No noticeable sorting, easy movement	6	جور شدگی کم، بدون تداخل Low sorting, no interference	انسجام ذرات Partical cohesion	12	
16	تغییر زیاد، پایداری بستر کمتر از ۲۰ درصد Significant size variation, bed stability less than 20%	12	تغییر متوسط در اندازه، پایداری بستر ۲۰-۵۰ درصد Moderate size variation, bed stability 20-50%	ابعاد اندازه بستر Bed material dimensions	13	بستر رودخانه River bed
24	بیشتر از ۵۰ درصد کف به‌طور منظم تحت تأثیر سایش قرار دارد More than 50% of the bed regularly affected by abrasion	18	۳۰-۵۰ درصد کف تحت تأثیر سایش، پرشدگی حوضچه‌ها 30-50% of the bed affected by abrasion, pool infilling	فرسایش و رسوب Erosion & Sefimentation	14	
4	کمیاب یا وجود ندارد Rare or nonexistent	3	نقطه‌ای، در مرداب‌ها، جلبک فصلی Point bars, in swamps, seasonal algae	پوشش گیاهی آبی Aquatic vegetation cover	15	

۳- نتایج و بحث

پس از بازه بندی مسیر رودخانه با تکیه‌بر بازدیدهای میدانی و سپس آنالیز داده‌های خام و محاسبات کلی،۶ مقطع عرضی از روستای گاولان تا روستای لقان به طول ۵ کیلومتر انتخاب شد. در تمام بازه‌های مسیر موردمطالعه استخراج و کلیه پارامترهای موردنیاز جهت طبقه‌بندی و شناسایی ژئومتریک مجرا در آن بازه‌ها محاسبه گردید. ابتدا کلیه پارامترهای نسبت عرض به عمق، مساحت مقطع عرض در دبی لبالبی، عرض دبی لبالبی، حداکثر عمق، عرض دشت سیلابی و شیب سطح آب، ضریب خمیدگی برای همه بازه‌ها و مقاطع عرضی محاسبه گردیدند و سپس پارامترهای گود افتادگی بستر، نسبت عرض به عمق، شیب سطح آب، اندازه متوسط مواد مجرا برای طبقه‌بندی سطح دو راسگن مورداستفاده قرار گرفتند (جدول۳).

جدول۳- پارامترهای مؤثر در مدل راسگن در سطح ۱ و ۲ رودخانه دره رود

Table 3- Effective Parameters in the Rosgen Model at Levels 1 and 2 for the Darreh-Roud River

جنس مصالح بستر **Bed Material Composition**	شیب **Slope (%)**	ضریب خمیدگی **Curvature Coefficient**	عرض مقطع پر بر عمق **Cross-Sectional Width to Depth Ratio (m)**	عرض دشت سیلابی بر عرض دبی لبالبی **Floodplain Width to Bankfull Discharge Width Ratio (m)**	میانگین عمق **Average Depth (m)**	عرض دشت سیلابی **Floodplain Width (m)**	عرض دبی لبالبی **Bankfull Discharge Width (m)**	مقطع **Cross-Section**
شنی Sandy	0.022	1.02	8	16.58	0.987	131	7.90	1
شنی Sandy	0.021	2.02	19.32	13.62	0.414	109	8	2
شنی Sandy	0.033	1.01	34.85	15.45	0.245	132	8.54	3
شنی Sandy	0.026	2.85	30.37	15.53	0.428	202	13	4
شنی Sandy	0.025	1.17	11.04	24.42	0.563	152	6.22	5
شنی Sandy	0.025	1.16	18.81	13.44	0.431	109	8.11	6

طبق مطالعات میدانی به‌عمل‌آمده، رودخانه دره رود ازلحاظ طبقه‌بندی بر اساس جنس رسوبات بستر (سنگی و آبرفتی) در گروه آبرفتی قرار دارد. در فصل تابستان به دلیل کاهش سطح آب، رسوبات ریزدانه بر روی رسوبات درشت‌دانه قرار می‌گیرند، درنتیجه ذرات ماسه بین ذرات شنی گیرکرده و موجب تحکیم بستر می‌گردند، این رسوبات از نوع شنی- ماسه‌ای می‌باشند، ولی در زمستان به دلیل پرآبی، ذرات ریز به همراه جریان تند از جا کنده‌شده و ذرات درشت در کف بستر باقی می‌مانند؛ بنابراین نوع رسوبات موجود

در کف رودخانه دره رود از نوع شنی و قلوه‌سنگی می‌باشند. برای به دست آوردن اندازه متوسط مواد کانال، در مسیر رودخانه در فواصل مختلف تعداد ۱۶ نمونه برداشت شد و در آزمایشگاه دانه سنجی گردیدند (جدول۴). طبق داده‌های به‌دست‌آمده بیشترین درصد ذرات در طول مسیر رودخانه را شن متوسط به میزان ۲۶/۶ درصد و قلوه‌سنگ به میزان ۱۴ /۷ درصد تشکیل می‌دهند که برای طبقه‌بندی راسگن ملاک ارزیابی قرار گرفتند، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جداول مذکور، کل بازه‌های مسیر موردمطالعه در گروه B و A قرار گرفتند. شاخصی گود افتادگی نشان‌دهنده وضعیت شکل مقطع از جهت فرورفتگی عمقی بستر (کف کنی) و یا گسترش در دشت سیلابی هست و این شاخص به‌صورت نسبت عرض پهنه سیلاب در ارتفاعی معادل عمق دو برابر حداکثر عمق دبی لبالبی به عرض سطح آب متناظر دبی لبالبی تعریف می‌شود (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۱). این شاخص در B بین ۱/۴ تا ۲/۲، در B و E بزرگ‌تر از ۲/۲ بوده و در D عدد مشخصی در نظر گرفته نشده است. نسبت عرض به عمق عبارت است از نسبت عرض سطح آب در دبی لبالبی به متوسط عمق آب متناظر در دبی لبالبی، این شاخص معرف شکل رودخانه است. دامنه تغییرات نسبت عرض به عمق در E کمتر از ۱۲، در D بزرگ‌تر از ۴۰ و در نوع B و B بزرگ‌تر از ۱۲ است. اندازه شاخص ضریب انحنا برای رودخانه‌های مستقیم کمتر از ۱/۰۵، برای رودخانه‌های سینوسی بین ۱/۰۵ تا ۱/۵ و برای رودخانه‌های پیچان‌رودی بیشتر از ۱/۵ است.

جدول ۴- نتایج دانه سنجی رسوبات بستر رودخانه دره رود

Table 4- Results of Particle Size Analysis of the Bed Sediments of the Darreh-Roud River

درصد تجمعی **Cumulative Percentage**	درصد ذرات **Particle Percentage**	قطر ذرات (میلی‌متر) **Particle Diameter(mm)**	نام ذرات **Particle Name**
0.5	0.5	0.00304	رس Clay
2.4	1.9	0.0207	سیلت Silt
5.6	3.2	0.128	ماسه خیلی ریز Very Fine Sand
14.2	8.6	0.306	ماسه ریز Fine Sand
27.8	13.6	0.698	ماسه درشت Coarse Sand
49.7	21.9	3.1	گراول بسیار ریز Very Fine Gravel

67.3	26.6	14	گراول متوسط Medium Gravel

برای مشخص نمودن نوع کانال در سطح ۱ راسگن، پس از به دست آوردن شیب رودخانه دره رود در محدوده موردمطالعه، با توجه به شیب‌های به‌دست‌آمده از مقاطع مختلف و مشاهدات میدانی از سطح مقطع و پلان رودخانه، و با ملاحظه طبقه‌بندی رودخانه‌ها بر اساس شیب‌های مختلف طبقه‌بندی اولیه و سطح ۱ راسگن انجام و مقاطع موردنظر در گروه B تا A این طبقه‌بندی قرارگرفته‌اند که در سه مقطع الگوی رودخانه از نوع B و ۳ مقطع از نوع A می‌باشند (جدول۵ و ۶).

جدول۵- نتایج طبقه‌بندی رودخانه دره رود در سطح ۱ راسگن

Table 5- The results of the classification of Dareh Rood river at level 1 of Rasgen

نوع رودخانه **River type**	پلان **Plan**	شیب **Slope**	عمق (متر) **Depth(m)**	عرض **Width(m)**	بازه **Reach**
A4	سینوسی Sinusoidal	0.022	0.987	8.90	1
B4	پیچان‌رودی Meandering	0.021	0.414	11	2
A4	سینوسی Sinusoidal	0.023	0.245	9.61	3
A4	پیچان‌رودی Meandering	0.026	0.428	8	4
B4	سینوسی Sinusoidal	0.025	0.563	9.22	5
B4	سینوسی Sinusoidal	0.025	0.431	9.11	6

جدول۶- تعیین نوع الگوی رودخانه دره رود در سطح ۲ راسگن

Table 6- Determining the type of pattern of Dareh Roud river in level 2 of Rasgen

6	5	4	3	2	1	مقاطع **Cross-section**
A4	A4	B4	B4	A4	B4	الگوی جریان **Flow pattern**

بعد از طبقه‌بندی رودخانه بر طبق روش راسگن، شرایط رودخانه دره رود و بازه‌های آن، طبق جدول پیشنهادی راسگن (جدول ۷)، برحسب حساسیت نسبت به آشفتگی[1]، پتانسیل احیاء و ساماندهی رودخانه، برآورد رسوبی، اثر کنترل پوشش گیاهی و پتانسیل فرسایش‌پذیری کرانه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. این اطلاعات تفسیری که بر اساس نوع رودخانه استوار است برای مدیریت حوضه آبخیز و حریم رودخانه (که شامل فعالیت‌هایی چون کاربری اراضی حاشیه، برداشت شن و ماسه است) به کار می‌رود و نتایج به‌دست‌آمده از جدول پیشنهادی راسگن برای رودخانه دره رود در جدول ۷ آمده است.

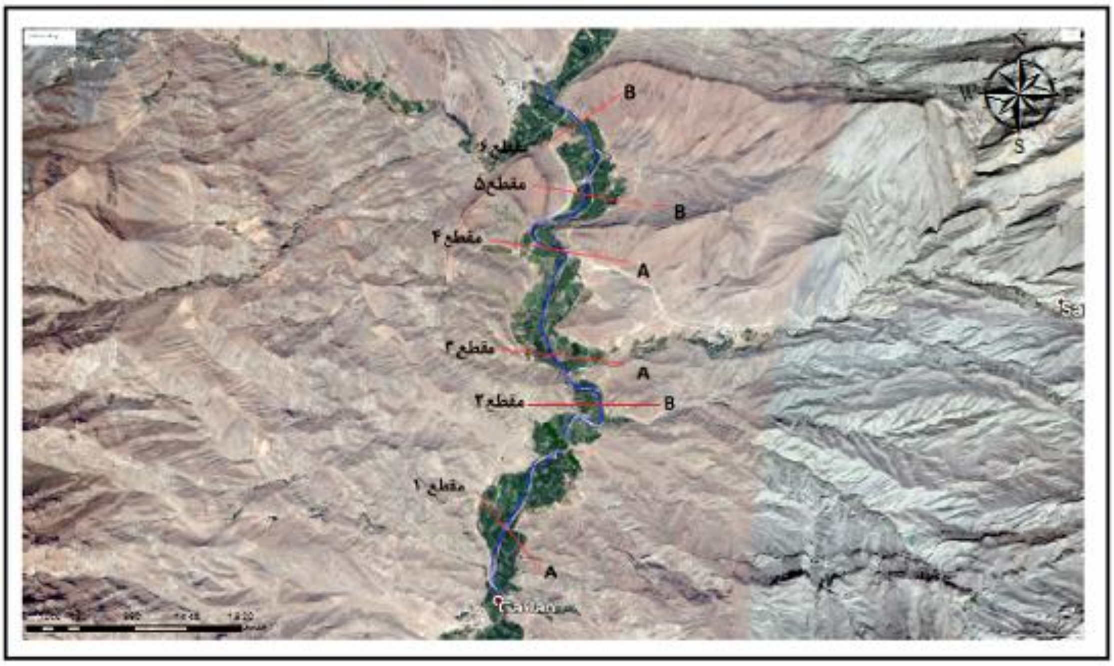
جدول۷- ارزیابی الگوهای رودخانه دره رود و تفاسیر مدیریتی آن

Table 7- Assessment of Darreh-Roud river Channel Patterns and Their Management Interpretations

الگوی جریان **Flow Pattern**	درجه حساسیت به آشفتگی **Degree of Sensitivity to Disturbance**	پتانسیل احیاء **Restoration Potential**	تغذیه رسوبی **Sediment Nourishment**	پتانسیل فرسایش کناره‌ها **Erosion Potential Banks**	تأثیر کنترلی پوشش گیاهی **Vegetation Cover Control Impact**
A4	متوسط Moderate	عالی Fine	متوسط Moderate	کم Low	متوسط Moderate
B4	خیلی زیاد Very high	نسبتاً خوب Relatively good	خیلی زیاد Very high	زیاد High	متوسط Moderate

در ادامه با توجه به ویژگی‌های هندسی مقاطع عرضی و همچنین کار آیی مدل راسگن ضمن تشریح مجاری مشخص‌شده در آن، رودخانه دره رود به‌صورت بازه‌ای در ارتباط با مدل راسگن مورد بررسی، شناسایی و طبقه‌بندی قرارگرفته‌اند. بر پایه طبقه‌بندی راسگن مقاطع رودخانه دره رود از نوع A و B مشخص گردید که در ادامه تشریح شده است (شکل۶).

[1] آشفتگی ناشی از افزایش حجم، زمان جریان و یا افزایش رسوب



شکل۶- طبقه‌بندی مقاطع و بازه‌های محدوده موردمطالعه بر اساس روش راسگن

Fig.6. Classification of Cross-Sections and Reaches of the Study Area Based on the Rosgen Method

تیپ A: شیب زیاد، بستر گود افتاده، آبشارهای کوتاه، حوضچه‌ها و پله‌های متعدد، جریانات واریزهای همراه با خاک‌های رسوبی مجرای پایدار در حالت کف و کف رسوبی یا فرسایش پذیر و صلب، بستر گودافتاده هستند. مقاطع ۱ و۲ و۳ در بالادست مسیر موردمطالعه در این نوع از طبقه‌بندی جای گرفته‌اند. الگوی رودخانه در این بازه از نوع پیچان می‌باشد.

تیپ B: عمدتاً دارای نسبت ER متوسط و شیبی کمتر از تیپ A (۴ درصد) هستند. بستر این مجاری ترکیبی از تند آب‌ها یا حوضچه‌های فرسایش نامنظم است. بستر و کناره‌ها نسبتاً پایدارند و سیستم حمل رسوب محدودی دارند. چهره غالب نواحی دارای این تیپ با ناهمواری متوسط و دره‌های باریک با شیب تدریجی است. مقطع ۲ در بالادست و مقطع ۵ و ۶ در پایین‌دست رودخانه در این گروه قرار دارند.

در سطح ۳ از مدل راسگن، وضعیت موجود یا حالت جریان و آبراهه از جهت پایداری، قابلیت به‌روز رفتار عکس‌العمل رودخانه توصیف می‌گردد. در این سطح عوامل میدانی بیشتری از رودخانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این عوامل بر روی وضعیت جریان مؤثر خواهد بود. به‌عنوان‌مثال پوشش گیاهی، پایداری آبراهه،

فرسایش کناری و وجود تلاطم و آشفتگی جریان موردتوجه قرار می‌گیرد. معیارهای ارائه‌شده در سطح دو ارزیابی مورفولوژی، درواقع قالب فیزیکی آبراهه را معرفی می‌کند که نمود کاملی از وضعیت موجود و روند مورفولوژی آن است. عوامل متعددی در رابطه با مسائل هیدرولوژی، زیستی، اکولوژی و انسانی بر روی وضعیت موجود مورفولوژی رودخانه تأثیرگذار است. سطح سه تأثیر جمعی عوامل فوق را بر قالب مورفولوژی مورد تحلیل قرار می‌دهد.

در بازه اول که از گروه تیپی A۴ است، در کران بالا شیب لند فرم کمتر از ۳۰ درصد، حرکات توده‌ای بدون شواهد و پتانسیل ریزش سنگ اساساً وجود ندارد و فقط کم بودن تراکم پوشش گیاهی عاملی برای ناپایداری محسوب می‌شود. درک ران پایین پارامترهایی که باعث ناپایداری کانال است، نسبت به سایر پارامترها نقش بیشتری دارد. در بستر کانال زاویه سنگ و ابعاد اندازه بستر و پوشش گیاهی بیشترین نقش را ایفا می‌کنند (جدول ۸).

جدول ۸- مجموع امتیازهای اختصاص‌یافته در روش رتبه‌بندی پایداری کانال رودخانه در بازه‌های موردمطالعه

Table 8- The total points assigned in the method of ranking the stability of the river channel in the studied intervals.

بازه **Reach**	A(1)	B(2)	A (3)	A (4)	B (5)	B(6)
جمع کل امتیاز **Total Scorce**	87	91	71	81	85	111

با توجه به جدول شماره (۹)، از مجموع امتیازهای به‌دست‌آمده در سطح سوم راسگن، در منطقه موردمطالعه، بازه۲ و ۵ و ۶ هر سه از گروه تیپ B۴، به ترتیب با مجموع امتیازهای ۹۱ و۸۵ و ۱۱۱ و گروه تیپ A۴ با امتیاز ۸۷ در وضعیت ضعیف ناپایدار قرار می‌گیرند. بازه۱ و۳ از گروه تیپ A۴، به ترتیب با مجموع امتیازهای ۹۱ و ۸۷ در وضعیت خوب و پایدار قرارگرفته دارند.

جدول ۹- رتبه‌بندی پایداری کانال رودخانه دره رود در بازه‌های موردمطالعه

Table 9- Stability ranking of the Dareh Roud river channel in the studied intervals

وضعیت **Condition**	مجموع امتیاز **Total Scorce**	نوع رودخانه **River type**	بازه **Reach**
خوب (پایدار) Good(Stable)	87	A4	1
ضعیف (ناپایدار) Weak (Unsatable)	91	B4	2
خوب (پایدار) Good(Stable)	81	A4	3
ضعیف (ناپایدار) Weak (Unsatable)	87	A4	4
ضعیف (ناپایدار) Weak (Unsatable)	85	B4	5
ضعیف (ناپایدار) Weak (Unsatable)	111	B4	6

۴- نتیجه‌گیری

بر مبنای شاخص‌های مورفولوژیکی، جنس رسوبات و شرایط جریان در سطح ۱، ۲ و ۳ راسگن دو تیپ مجرا شامل A و B در محدوده موردمطالعه شناخته شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. مجراهای موردمطالعه دارای مقادیر مختلف از منظر پارامترهای مؤثر در مدل شامل پارامترهای نسبت گود افتادگی بستر، ضریب خمیدگی، نسبت عرض به عمق و اندازه مواد مجرا و غیره است. بررسی مورفولوژیکی مجراهای نوع A در ارتباط با ارزیابی میزان مطابقت و کار آیی مدل راسگن نشان داد مورفولوژی غالب آن‌ها متشکل از دره‌های باریک و با پهنای نسبتاً کم و الگوی سینوسی با شیب متوسط و کرانه‌های نسبتاً پایدار است. این فرایند و فرم‌ها در سطح بازه‌های از این نوع نشان داد که مدل راسگن و طبقه‌بندی بر اساس آن باوجود تفاوت‌های جزئی در پارامتر شیب، طبقه‌بندی مناسبی است.

کانال‌های نوع B، الگوی جریانی بینابینی دارند که شواهد مورفولوژیک غالب آن همچون بسترهای پیچان‌رودی با سینوسیتی بالا، دره‌های همراه با دشت سیلابی و نیز سطوح پوینت باری در دامنه شیب کمتر از سایر بازه‌ها، تائید کننده کار آیی مدل راسگن در این بازه‌ها است. ناپایداری زیاد بستر رودخانه در

محدوده بازه‌های ۶،۵،۴،۲، تهدیدی برای زمین‌های زراعی و ساخت‌وسازهای اطراف است. با توجه به این‌که رودخانه‌های شریانی وضعیت پایدار و ثابتی ندارند و جهت جریان و موقعیت جزایر رسوبی و عرض رودخانه‌ها پیوسته در حال تغییر و تحول است، لازم است اقدامات مدیریتی و ساماندهی در این بخش با توجه به متغیرهای مورفولوژیکی و شرایط جریان انجام گیرد. نتایج ارزیابی رودخانه دره رود بر اساس سیستم طبقه‌بندی راسگن در سطح ۱ و ۲ و ۳ نشان داد الگوهای مجرای موجود در رودخانه دره رود و به‌تبع آن پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و تفکیک مجراها با سیستم راسگن مطابقت دارند. با این اوصاف تفاوت‌هایی در مقادیر و نحوه پارامترها وجود دارد که ناشی از شرایط خاصی عوامل تأثیرگذار به‌صورت محلی هستند. با تمامی این موارد سیستم راسگن در ارتباط با شناخت مورفولوژیک رودخانه دره رود و دستگاه‌های مشابه پاسخگو است که از دلایل این امر می‌توان به شرایط اقلیمی پویای منطقه و داخل کردن پارامترهای تأثیرگذار متعدد در مدل راسگن در بررسی رودخانه‌ها اشاره کرد؛ بنابراین این مدل توانایی پیش‌بینی کمی ژئومورفیکی رودخانه دره رود و رودخانه‌های با شرایط مشابه را دارد. این نوع طبقه‌بندی مورفولوژیکی از مجرای رودخانه، می‌تواند در توسعه طرح‌های مهندسی، بحث‌های مدیریتی و احیای رودخانه مورداستفاده قرار گیرد. درواقع طبقه‌بندی رودخانه دره رود در محدوده موردمطالعه بر اساس سیستم طبقه‌بندی سطح یک، دو و سه راسگن، یک ارزیابی منطقی است که اطلاعات ریزتر و دقیق‌تری را برای کاربردهای مدیریتی فراهم می‌کند. در پژوهشی که حسین زاده و همکاران (Hosseinzadeh et al., 2022) به بررسی پتانسیل فرسایش کناره پایداری مجرا در رودخانه حاجی عرب بویین‌زهرا- قزوین با استفاده از مدل راسگن پرداختند دریافتند که عامل فرسایش کناره و پوشش گیاهی ریپارین مؤثرترین عوامل در ناپایداری کناره‌ای رودخانه حاجی‌عرب تبیین شدند. روستایی و همکاران (Roostaei et al., 2012)، در ارزیابی مورفولوژی مجرای رودخانه لیقوان با روش طبقه‌بندی راسگن (حد فاصل ایستگاه لیقوان و هروی) داده‌های مقاطع عرضی رودخانه و پارامترهای مورفولوژیکی را برای هر بازه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده و نتایج نشان داد رودخانه از نوع سینوسی بوده و بر اساس طبقه‌بندی راسگن بازه‌های مختلف در الگوهای مختلف قرارگرفته است و درنهایت این نوع طبقه‌بندی مورفولوژیکی از رودخانه می‌تواند در توسعه طرح‌های مهندسی و بحث‌های مدیریتی و احیای رودخانه مورداستفاده قرار گیرد. همچنین در مقایسه با

طبقه‌بندی رود در حوضه آبریز لاویج بر اساس راسگن، اسماعیلی و حسین زاده (Esmeili & Hosseinzadeh, 2015) که نشان داده‌اند وضعیت تکتونیکی و اقلیمی منطقه بر طبقه‌بندی تأثیر می‌گذارد؛ به‌طوری‌که نیمی از مقاطع موردمطالعه در هیچ گروهی از طبقه‌بندی انواع رود راسگن قرار نگرفتند. ازاین‌رو روش مذکور در منطقه موردمطالعه کار آیی لازم را ندارد و قادر به تحلیل فرایندهای رودخانه‌ای نخواهد بود.

References

Abedini, M. (2018). Quantitative Analysis of Hydro-Geomorphology Problems of the Likvan Chay Basin with Emphasis to Soil Erosion and Sedimentation (South - East of Ardebil). *Geography and Development. 7(*15), 71-88. [In Persian] https://doi.org/10.22111/gdij.2009.1190

Abedini, M. (2021). Uantitative Research on Gully Erosion and Sedimentation using Rain Erosion Indices, Morphometry and Linear Regression in the Harzand Chai Watershed. *Degradation and Rehabilitation of Natural Lands,* *2*(3), 100-111. [In Persian] http://dorl.net/dor/20.1001.1.27174425.1400.2.3.12.2

Abedini, M., & Tulabi, S. (2017). Modeling of Soil Erosion and Sediment Production with Three Models of WEPP, EPM and Fournier in GIS Case Study: Sulachai Watershed-Ardabil. *Geographical Research,* *32*(2), 93-105. [In Persian] http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.geores.32.2.93

Abedini, M., & Yaqub Nejad Asl, N. (2016). Soil Erosion Risk Assessment and Zoning in Balikhlou River Watershed (Yamci Dam) Using Fuzzy Model. *Quantitative Geomorphology Research,* *6*(1), 137-155. [In Persian] https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22519424.1396.6.1.9.6

Batalla, R. J., Iroumé, A., Hernández, M., Llena, M., Mazzorana, B., & Vericat, D. (2018). Recent geomorphological evolution of a natural river channel in a Mediterranean Chilean basin. *Geomorphology*, *303*, 322-337. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.006

Esmeili, R., & Hosseinzadeh, M.M. (2015). Comparison of Rosegen and Steel Road methods in the classification of mountain rivers, a case study of Northern Alborz, Lavij watershed.

Researches in Earth Sciences, 6(21), 64-79. [In Persian] https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20088299.1394.6.1.5.9

Etminan, Z., Rostami, M., & Nosrati, K. (2020). Evaluation of River Bank Stability against Erosion and Management Practices of Taleghan River Bank Using LIN Method. *Iranian Journal of Ecohydrology*, *7*(1), 111-119. [In Persian] https://doi.org/10.22059/ije.2020.291934.1236

Hosseinzadeh, M. M., Shayan, S., & Najafzadeh, F. (2022). Bank Erosion Potential and Channel Instability in Haji Arab River Located in Buin Zahra, Qazvin. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *11*(1), 39-56. [In Persian] https://doi.org/10.22067/geoeh.2021.71397.1087

Kang, R. S. (2007). *Effects of urbanization on channel morphology of three streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma*. Ph.D thesis, Oklahoma State University.

Khaleghi, S., Roustaei, S., Khorshiddoost, A. M., Rezaei Moghadam, M. H., & Ghorbani, M.A. (2016). Investigating the role of humans in morphological changes in the Lighvan Chay River channel. *Geographical Space*, *16*(55), 135-111. [In Persian] http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-944-fa.html

Kwan, H., & Swanson, S. (2014). Prediction of annual streambank erosion for Sequoia National Forest, California. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, *50*(6), 1439-1447. https://doi.org/10.1111/jawr.12200

Rezaei Moghaddam, M. H., Sarvati, M. R., & Asghari Sareskanrood, S. (2012). Investigation of geometric alterations of Gezel Ozan River considering Geomorphologic and Geologic parameters. *Geography and Environmental Planning*, *23*(2), 1-14. [In Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085362.1391.23.2.1.1

Rezaei Moghaddam, M. H., Sarvati, M. R., & Asghari Sareskanrood, S. (2018). Analysis of the Stability of River Channels Using Methods of Bed Shear Stress and the Relative Strength Index (Ranging Between 30 km Miyaneh City to the Zanjan Political Boundaries). *Quantitative Geomorphological Research*, *1*(1), 33-46. [In Persian] https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22519424.1391.1.1.3.5

Roostaei, S., Khurshid Dost, A. M., & Khaleghi, S. (2012). Evaluation of the morphology of Liqvan river channel by Rasgen classification method. *Quantitative geomorphological researches*, *4*(4), 1-16. [in Persian]https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22519424.1392.1.4.1.3

Rosgen, D.L. (1996). *Applied River Morphology*. Wildland Hydrology.

Sass, C. K., & Keane, T. D. (2012). Application of Rosgen’s BANCS model for NE Kansas and the development of Predictive Streambank Erosion Curves 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, *48*(4), 774-787. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2012.00644.x

Shea, C. C., Starr, R. R., McCandless, T. L., Eng, C., Assessment, S. H., & Parks, W. (2005). Upper Watts Branch Stream Restoration, 10 Percent Preliminary Concepts. *Stream Habitat Assessment and Restoration Program, US Fish and Wildlife Service, Chesapeake Bay Field Office, Annapolis, Maryland, USA.*

https://www.nab.usace.army.mil/Portals/63/Appendix%20C2_FBRSA%20Rapid-Assessment-Methodology_1.pdf

Wijesekara, G. N., Gupta, A., Valeo, C., Hasbani, J. G., & Marceau, D. J. (2010). Impact of land-use changes on the hydrological processes in the Elbow river watershed in southern Alberta. In *Processing of the 5th International Congress on Environmental Modelling and Software, Ottawa, Canada*. https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2010/all/516/